



13. KONGRES
GEOLOGA
JUGOSLAVIJE

knjiga IV
MINERALNE SIROVINE

Herceg Novi, 1998.

LEŽIŠTA I POJAVE TITANOMAGNETITA U SRPSKO-MAKEDONSKOM MASIVU NA TERITORIJI REPUBLIKE MAKEDONIJE

*Spasovski Orce Serafimovski Todor
Rudrasko-Geološki Fakultet Stip*

Uvod

Najnovijim srstrukturnim i metalogenetskim istraživanjima istočnih delova R. Makedonije konstatovane su brojne pojave titanomagnetita koje se javljaju u različitim strukturno-litološkim sredinama, gradeći lokalne i specifične tipove orudnjenja, najčešće u asocijaciji sa gvoždem. Svakako, u tom pogledu najmarkantniji lokalitet je rudna zona Mitrašinci u kojoj su poznate nekoliko pojave titanomagnetita koje imaju brojne sličnosti, ali i razlike u strukturno - litološkom i geochemiskom pogledu. Potrebno je istaći, da poput ovih pojava, u okolini ove rudne zone, najnovijim istraživanjima i metalogenetskim analizama je konstatovano da titanomagnetiti pored standardnog načina pojavljivanja (takozvani tip *Mitrašinaca* ili orudnjenje koje se javlja u amfibolitima i amfibilitičkim škriljcima) nalaze se i mineralizacije u metamorfozanim kvarcitima (rudne pojave Trsino i Pakljani). Reč je o jednom sasvim novom tipu orudnjenja koji nastupa u vidu malih prožiljaka duž sitnih pukotina u kvarcitima. Mineralizovana zona sa kvarcitima se može pratiti u dužini više od 3 km.

Istočno od zone Mitrašinci konstatovano je nekoliko manjih pojava magnetita i hematita u okviru gnajseva, a u njihovij neposrednoj blizini u okviru gabrova konstatovana je karakteristična asocijacija minerala tipa: titanomagnetit, magnetit, ilmenit i dr. koji su praćeni sulfidima. Ovakve slične pojave su pronađene i u okolini Berova (lokalitet Curev Rid i Kasaplja).

Jedan specifičan tip titanomagnetitske mineralizacije je konstatovan u jednoj uskoj, ali izduženoj mineralizovanoj zoni zapadno od Mitrašinaca, odnosno reč je o zoni na potezu Borovec - Laki - Karaduzlija. Ovde rudna mineralizacija se javlja u vidu tankih žilica i prožiljaka lokalizovanih duž pukotinskih sistema u prekambrijskim gnajsevima. Mineralnu asocijaciju čine magnetit, hematit, titanomagnetit i dr. Sadržaj metala u rudi je obično nizak (10.40-15.70% Fe, 1.44-2.55% TiO₂), ali je i stepen istraženosti prostora nizak.

U severoistočnim delovima Makedonije, odnosno u okolini Krive Palanke je utvrđeno prisustvo titanomagnetita i njegovih pridružnih minerala u okviru hlorit-sericitirskih škriljaca. Rudna mineralizacija je impergnacionog tipa, raspoređena uglavnom duž folijacije u škriljcima.

Osnovne karakteristike SMM

U okviru Srpsko-makedonskog masiva zastupljeni su geološke formacije različitih starosti i različitog litološkog sastava. U daljem tekstu i kraćim crtama prikazaćemo litološki sastav ovog masiva a posebnu pažnju posvećujemo kompleksima prekambrijske, rifej-kambrijske i paleozojske starosti sa kojima je povezano i Fe-Ti orudnjenje.

U okviru SMM mogu da se izdvoje dva kompleksa:

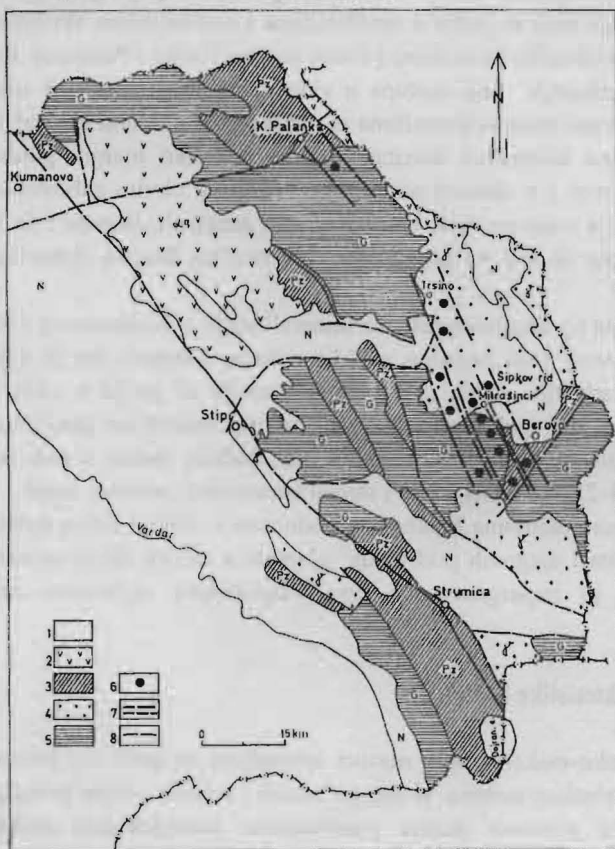
- donji metamorfni kompleks koj se sastoji od različitih varijeteta gnajseva, mikašista, amfibolita, kvarcita i mermera i dr.

- gornji metamorfni kompleks - se sastoji od albitiziranih škriljaca, grafitičnih škriljaca, cipolina, mermera, kvarcita i dr.

Donji metamorfni kompleks je prekambrijske starosti, dok gornji metamorfni kompleks je rifej-kambrijske starosti. Oba kompleksa su intrudovani sa granodioritskom magmom (masivi Delčeva, Ograždena i dr.), za koje se smatra da su hercinske starosti. Mala sočiva od ultramafita nalazimo u severnim delovima SMM koji su duboko metamorfisani, dok u južnom delu donjeg metamorfnog kompleksa imamo bazični magmatizam i tufove koji su metamorfisani u amfibolite.

Ovaj masiv je tektonski veoma složen, i u njemu nalazimo relikte starijih tektonskih faza (nabori i rasedi) koji se protežu pravcem S-J, a koji kasnije su preobraženi hercinskom, kimeriskom i alpskom tektonskom fazom.

Fe-Ti mineralizacija u SMM je različite starosti, i u daljem tekstu prikazaćemo rudne pojave prema njihovog značaja i njihova povezanost za određene litološke jedinice. Posebna pažnja biće posvećena rudnoj zoni Mitrašinci, u kojoj se javljaju i najveće koncentracije titanovih minerala. Položaj pojedinih rudnih pojava i pojedinih mineralizovanih zona u okviru Srpsko-makedonskog masiva prikazani su na Sl. 1.



Sl. 1. Položaj rudnih pojava u okviru Srpsko - makedonske mase

1. Neogeni sedimenti 2. Vulkaniti; 3. Paleozojski škriljci; 4. Granitoidi; 5. Gnajsevi; 6. Rudne pojave; 7. Granica izdvojenih zona; 8. Granica geotektonskih jedinica.

Geološki sastav rudne zone Mitrašinci

Šire područje ove zone je izgrađeno od prekambrijskih metamornih stena i paleozojskih granitoida Delčevskog batolita.

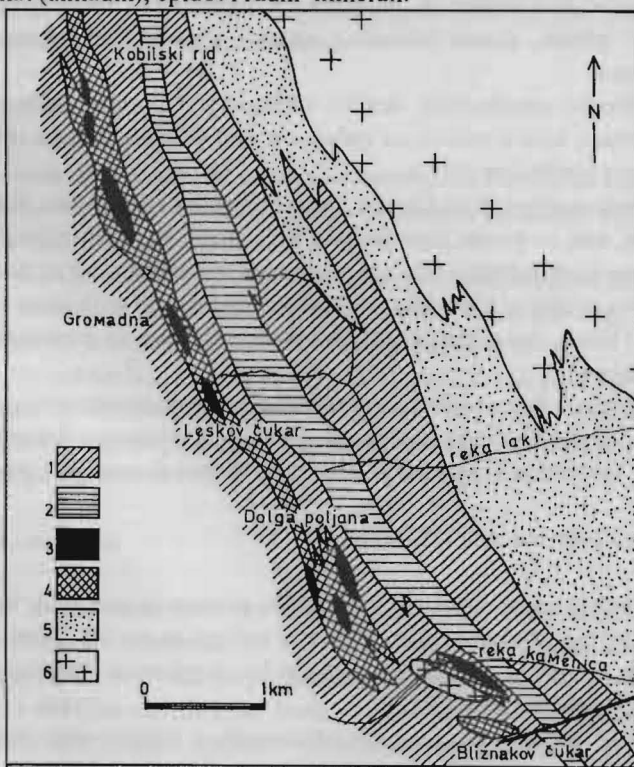
Od prekambrijskih stena zastupljeni su gnajsevi, mikašisti, amfiboliti, amfibolitski škriljci, metagabrovi i metadijabazi. Ove stene pružaju se pravcem SZ-JI i čine monoklinalu sa pavcem prema SI.

Gnajsevi - imaju najveće rasprostranjenje i oni izgrađuju zapadni deo područja (Sl. 2). Minaraloški sastav i tekturno-strukturne karakteristike pojedinih varijeteta ukazuju da u procesu obrazovanja gnajseva, pored regionalnog metamorfizma, značajni uticaj su imale granitoidne intruzije Srpsko-makedonske mase.

U sklopu gnajseva mogu da se izdvoje dva glavna varijeteta i to: *trakasti muskovitski* i *trakasti dvoliskunski gnajsevi*.

Trakasti muskovitski gnajsevi razvijeni su u zapadnom delu terena i vidu jedne veće mase između Strumičkog Rida i Bele Krbe. Izgrađene su od kvarca, mikrokлина, muskovita i albita, a kao sporedni sastojci se javljaju biotit i granat (almadin).

Trakasti dvoliskunski gnajsevi imaju najveće rasprostranjenje od svih prekambrijskih tvorevina. Ovi gnajsevi zahvaćeni su intenzivnom feldspatizacijom koja se manifestuje obrazovanjem feldspatskih traka po folijaciji, kao i pojave mikrokлина u vidu krupnih kristala. Izgrađeni su od K-feldspata (mikroclin), plagioklasa (albit), muskovita i biotita. Kao sporedni sastojci se javljaju granat (almadin), epidot i rudni minerali.



Sl. 2. Šematska geološka karta rudne zone Mitrašinci
1. gnajs; 2. mikašisti; 3. rudna tela sa povećanom koncentracijom rudnih minerala, 4. slabo-orudnjeni amfiboliti; 5. amfiboliti, metagabrovi i metadijabazi; 6. Delčevski graniti

Mikašisti - Ove stene konkordantno leže unutar gnajseva i njihov odnos sa gnajsevima je postupan i to kako lateralno tako i vertikalno. Javljaju se u vidu jedne trake sredinom terena debljinom 100 - 250 metara. Glavni sastojci ovih stena su kvarc, muskovit i granat (almadin).

Amfiboliti, amfibolitski škrilci, metagabrovi mimetadijabazi - Na terenu se javljaju u dva horizonta, kako dve izdužene zone i to horizont rudonosnih amfibolita i amfibolitskih škriljaca i horizont amfibolita, amfibolitskih škriljaca, metagabrova i metadijabaza, bez železno - titanske mineralizacije.

Rudonosni amfiboliti i amfibolitski škriljci javljaju se kao dublji stratigrafski nivo. Stene ovog horizonta na površini su otkrivene kao zona dužine od oko 12 km. Ova rudonosna zona leži konkordantno u okviru gnajseve mase. Odnos stena prema gnajsevima je oštar, sa izuzetkom na mestu gde su feldspatizacijom zahvaćene i amfibolitske stene i tu je postupan. Ova zona sa izvesnim zadebljanjem i isklinavanjem kontinuirano je razvijena između lokalnosti Kobilski Rid - Gromadna - Dolga Poljana, dok u produžetku prema Kasaplji razvijena je u vidu manjih sočivastih tela.

Na bazi mineraloških ispitivanja konstatovano je da su amfibolitske mase ove zone predstavljene amfibolitima i amfibolitskim škriljcima, dok su malo zastupljeni amfibol-epidot-biotitski škriljci a sasvim malo i u vidu reliktnih ostataka javljaju se metagabrovi i metadijabazi.

Amfiboliti su masivni ili malo uskriljeni, dok amfibolitski škriljci imaju jasnu izraženu škriljavost. Izgrađeni su od amfibola (horblenda i kumingtonit), plagioklas (albit), rede epidota i hlorita, granat (almadin), sfena i kvarca. Kao sporedni sastojci se javljaju magnetit i ilmenit.

Amfiboliti, amfibolitski škriljci, metagabrovi i metadijabazi koji nisu orudnjeni zauzimaju povlatni nivo u odnosu na rudonosne amfibolitske stene, a međusobno su razdeljeni masom gnajseva i mikašista (Sl. 2).

Zona neorudnjenih amfibolita i amfibolitskih škriljaca ima široko rasprostranjenje u SI delu terena, dok se prema jugu javlja u vidu malih ili većih masa, sočivasta tela i tankih traka. Ove stene konkordantno leže u gnajsevima i mikašistima ali su u tektonskom kontaktu sa stenama rifej-kambrijskog kompleksa. Kao bitni sastojci od ovih stena se javljaju hornblenda, epidot, coisit i hlorit, dok u kontaktnim delovima ovih stena sa granitoidima nalazi se povećani sadržaj feldspata.

Granitoidi - Granitoidne stene najveće rasprostranjenje imaju u istočnom delu terena (Sl. 2) i pripadaju Delčevskom batolitu. Batolit koji je hercinske starosti probija prekambrijskog metamorfnog kompleksa i izgrađen je od granita, kvarc-monconita i granodiorita.

Rudne pojave u zoni Mitrašinci

Železno titanske rudne pojave, kao što smo ranije pomenuli vezani su za amfibolite i amfibolitske škriljce prekambrijske starosti, i javljaju se u vidu jedne mase koja se pruža od Kobilskog Rida na severu, zatim prema gromadni i Leskovom Čukaru, prema Dolgoj Poljani i Bliznakovom Čukaru na jugu (Sl. 2)

Na bazi dosadašnjih i novijih istraživanja, u okviru rudne zone, mogu da se izdvoje sledeće rudne pojave:

- *rudna pojava Kobilski Rid*
- *rudna pojava Gromadna*

- *rudna pojava Leskovica*
- *rudna pojava Dolga poljana*
- *rudna pojava Bliznakon Čukar*
- *rudna pojava Kasaplja*

Izdvajanje rudnih pojava, kao i kontura rudnih tela izvršeno je pre svega na bazi geofizičkih podataka i raskopavanjem. Granice rudnih tela u okviru rudnih pojava treba smatrati samo približnim, jer za njihovo preciznije izvlačenje potrebna su detaljnija istraživanja, u prvom redu dubinsko bušenje, kao i jamski istražni radovi.

Rudna pojava Kobilski Rid

Ova rudna pojava nalazi se na severnom delu rudne zone i blizini ili na samom kontaktu sa gnajs-mikašistnom serijom. Rudna tela i trake u okviru pomenute rudne pojave pružaju se pravcem SZ-JI, sa padom prema SI. U izdvojenim amfibolskim masama orudnjenje ima isti mineraloški sastav, i to kako po dubini tako i po pružanju. Međutim koncentracija rudnih minerala nije podjednako raspoređena, i u najvećem delu razvijena je slaba mineralizacija, dok su rudna tela sa povišenom koncentracijom manjih diimenzija. Hemiskom analizom utvrđeno je da se sadržaj Fe kreće u granicama od 10.93-15.99%, dok se sadržaji TiO_2 kreću u granicama 1.51-6.00%.

Kao primarni i jedini nosioci mineralizacije javljaju se magnetit, ritanomagnetit i ilmenit, a kao sporedni minerali i minerali u tragovima javljaju se pirotin, pirit, arsenopirit, kubanit, halkopirit, hemetit, martit, limonit, leukoksen.

Rudna pojava Gromadna

Ova pojava predstavlja produžetak pomenute rudne zone i u njoj se izdvajaju manja rudna tela, koja na kraćim rastojanjima isklinjavaju po pružanju i po dubini, ali konkordantno leže u okviru amfibolita i amfibolitskih škriljaca.

Oko samog vrha Gromadne pojavljuju se masivne rudne koncentracije dok se na samoj kosi uočavaju siromašne impregnacije. No i pored tog masivnog pojavljivanja, koncentracija titanomagnetita je niska, daleko ispod rentabilnog sadržaja.

Hemijska analiza pokazala je sadržaj Fe od 29.84%, dok je sadržaj TiO_2 je 9.10%.

Mikroskopskim ispitivanjem konstatovano je da su jedini nosioci orudnjenja titanomagnetite, magnetit i ilmenit prećeni sa pirotinom, piritom, halkopiritom, kubanitom, pentlanditom, hematitom, leukoksenom i dr.

Rudna pojava Leskovica

U produžetku rudne zone Kobilski Rid - Gromadna prema JI, kod lokalnosti Leskovica se javlja povišena koncentracija Fe-Ti mineralizacije. Orudnjenje se javlja u vidu impregnacija i proslojaka masivnog orudnjenja. Kod ove rudne pojave utvrđeno je rudno telo dužinom od 70 metara i debljina od 0.4-2 m. Ruda je uglavnom predstavljena magnetitom, ilmenitom i titanomagnetitom, a kako sporedni minerali se javljaju pirotin, pirit, halkopirit, pentlandit, hematit, limonit, titanit, leukoksen rutil i dr. Sadržaj Fe kreće se od 18.5-23.4% i TiO_2 od 3.28-5.6%.

Rudna pojava Dolga Poljana

Na ovoj rudnoj pojavi otkriveno je orudnjenje u vidu impregnacija i masivnog orudnjenja. Impregnaciono orudnjenje otkriveno je u njenom severnom delu i njegova moćnost iznosi oko 8 m. Rudna tela u okviru ove rudne pojave manjih su dimenzija i brzo isklinjavaju po pružanju i po dubini ali konkordantno leže u okviru amfibolskih stena. Dužina rudnih tela kreće se od 70-80 metara, a debljina od 2-10 metara. Hemijska analiza dala je sledeće rezultate: Fe - 22.6%, TiO_2 - 3%.

Masivne titanomagnetitske rude otkrivene su u južnom delu pojave i njena debljina iznosi oko 10 metara. Od rudnih minerala najzastupljeni su magnetit, titanomagnetit i ilmenit a kako sporednih minerala se javljaju hemetit, limonit, martit i dr.

Rudna pojava Bliznakov Čukar

U okviru rudne pojave Bliznakov Čukar otkrivena su dva rudna tela, i to jedno po pružanju od oko 500 metara, i drugo rudno telo od oko 250 metara, dok je moćnost rudnih tela oko 250 metara.

Želuzno - titanska mineralizacija vezana je za amfibolske stene i njihove kontakte sa gnajsevima i konkordantno zaležu u amfibolskim masama. U najvećem delu razvijena je slaba mineralizacija, dok su rudna tela se većim koncentracijama malih dimenzija.

Kao primarni i jedini nosioci mineralizacije su ilmenit, magnetit i titanomagnetit, a od sporednih minerali prisutni su pirotit, arsenopirit, titanohematit, halkopirit i dr.

Sadržaj Fe kreće se od 11-17%, dok TiO_2 od 2.50-4.45%.

Rudna pojava Kasaplja

Rudna pojava Kasaplja naslazi se u krajnjem južnom delu rudne zone Mitrašinci i u okviru ove rudne pojave otkrivena su četiri mala rudna tela koji imaju pravac pružanja SZ-JI i pad prema JI.

Mineralizacija je vezana za amfibolske stene sa granatom, dok u amfibolskim stenama bez granata nije utvrđena Fe-Ti mineralizacija. Kao primarni minerali se javljaju magnetit, ilmenit i titanomagnetit, dok kao sporedni minerali se javljaju pirotin, pirit, arsenopirit, halkopirit, limonit, titanit anatas rutil i dr.

Kod ove lokalnosti konstatovana i pegmatitska žila koj ima pravac pružanja S-J i ista se nalazi u granodioritskoj masi Delčevskog batolita. Ova rudna žila proteže se u dužini od oko 200 metara, a njena je moćnost oko 1 metar. Glavni rudni mineral je hematit sa inkluzijama ilmenita, a prisutni su još magnetit, martit i limonit. Orudnjene se javlja u vidu kompaktne rude i splet kvarcno-feldspatske i rudne žilice i prožilke. Sadržaj Fe kreće se u granicama od 9.06-29.27 %, dok sadržaj titana je oko 0.25%.

Paragenetski odnosi

Mineralni sastav, strukturno - teksturne karakteristike paragenetski odnosi i tipovi orudnjenja u okviru rudne zone Mitrašinci, proučavali su Simić (1963), Ivanov (1975), Dumurdanov (1977) i dr. Mineraloški sastav i paragenetske odnose minerala najdetaljnije su proučavane sa strane Spasovskog (1992)

Na osnovu dosadašnjih istraživanja kao i istraživanja izvršenih sa naše strane utvrđeno je da u gradi Fe-Ti mineralizacije u rudnoj zoni Mitrašinci učestvuju sledeći rudni minerali: *titanomagnetit, ilmenit, magnetit, pirotin, pirit, halkopirit, kubanit, arsenopirit, pentlandit, hematit-martit, hematit-spekularit, sfen, rutil, anatas, leukoksen, kulsonit, limonit, getit, lepidokrokrit i dr.*

Glavni nosioci rudne mineralizacije su magnetit, ilmenit i titanomagnetit, dok kao pratioci glavnih minerala se javljaju pirit, halkopirit, piritin, hematit i dr. Veći broj minerala se javljaju malim intenzitetom i ekstenzitetom, ali oni imaju veliki mineraloški značaj za proučavanju ove mineralizacije.

Magnetit često se javlja kao čist Fe_3O_4 , ali i u vidu titanomagnetita ($Fe_3O_4 + FeTiO_3$) tj. magnetit koji je na visokim temperaturama obogaćen titanom.

Opadanjem temperature dolazi do izdvajanja ilmenita i vidu lamela i diskova (Sl. 3a). Debljina izdvojene lamele kreće se u granicama od od 5 - 40 mikrona. Pojedina magnetitska zrna zahvaćena su martitizacijom koja počinje sa rubnih delova, dok pojedina magnetitska zrna su potpuno martitizirana. Proces martitizacije je ograničen samo na periferne delove magnetitskih zrna (Sl. 3c).

Ilmenit je stalan mineral, javlja se u vidu nepravilne agregate koji impregnišu osnovnu masu. Češće ilmenitska zrna sa magnetitom i titanomagnetitom grade zajednički agregati sa jasno izraženom mozaičnom strukturom (Sl. 3b). Čista ilmenitska zrna imaju homogenu površinu, rede u njih nalazimo sitne lemele hematita. U okviru ilmenite češće nalazimo kapkovidne inkluzije pirocina.

Hemijski sastav megnetite, titanomagnetite i ilmenita odredivan je elektronskom mikroskopom a rezultati tih ispitivanja adti su u tabeli 1.

Tabela 1. Kvantitativne rentgenospektralne mikroanalize megnetita, titanomagnetita i ilmenita iz rudne zone Mitrašinci (%)

Element	1	2	3	4	5	6
Fe	76.54	76.6 7	63.71	54. 97	33.95	36.71
Ti	0.05	0.36	8.06	13. 53	29.57	29.67
mn	-	-	0.56	1.0 9	2.21	2.05
Mg	0.27	0.18	-	-	-	0.29
Al	0.59	0.43	0.30	0.3 3	0.34	0.38
Ni	0.49	0.52	0.45	0.3 5	0.19	0.29
Cr	0.04	-	0.06	-	-	-
O	22.07	21.8 3	26.44	29. 65	33.73	30.62
Σ	99.99	99.9 9	99.98	99. 91	99.99	100.01

Analize 1 i 2 su magnetit, 3 i 4 su titanomagnetit i 5 i 6 su ilmenit.

Iz tabele se vidi da magnetiti imaju ujednačen hemijski sastav koji se ogleda u sadržaju Fe od oko 76%. Kao primese u malim količinama se javlja Ti, Ni, Cr, Mn i dr.

Sastav ilmenita je veoma složen i nepostojan, šta se objašnjava širokim temperaturnim intervalom njegove kristalizacije. Jedna od bitnih karakteristika ilmenita je to što su oni hemijski dosta čisti. U malim količinama kao primese sadrže: Ni, Al, Mg, Mn i dr.

Hematit obrazuje hipidiomorfne do idiomorfne igličaste agregate, koji češće obrazuju intersentalnu strukturu. Pojedina hematitska zrna se odlikuju rešetkastom strukturom, što ukazuje da je hematit nastao martitizacijom magnetita.

Pirit je čest rudni mineral, iako se javlja u sasvim malim količinama. Najčešće se javlja u vidu inkluzija u magnetitu ili je neravnomerno raspoređen u osnovi stene.

Pirotin je čest rudni mineral u ispitivanoj rudnoj zoni. Najčešće se javlja u vidu uklopaka u magnetitu, ilmenitu, titanomagnetitu. Isto tako u vidu kapličasta individua pirotin se javlja i u pojedinim petrogenim mineralima. Pirotin se javlja i u vidu zasebnih hipidiomorfnih rede alotriomorfnih zrna.

Halkopirit količinski ja malo zastupljen iako je čest rudni mineral. Najčešće se javlja u vidu alotriomorfnih i hipidiomorfnih zrna. Najčešće se javlja u asocijaciji sa piritom i pirotinom ali su poznata i zasebna halkopiritska zrna.

Iz tabele 2 se vidi da visokotemperaturne pirotinske inkluzije sadrže nešto više Fe koji se kreće u granicama od 69 - 61 %, dok niskotemperaturni pirotin se odlikuje sa manjim sadržajem Fe (56-58%). U sasvim malim količinama u pirotini se nalaze Ni, Cu i As.

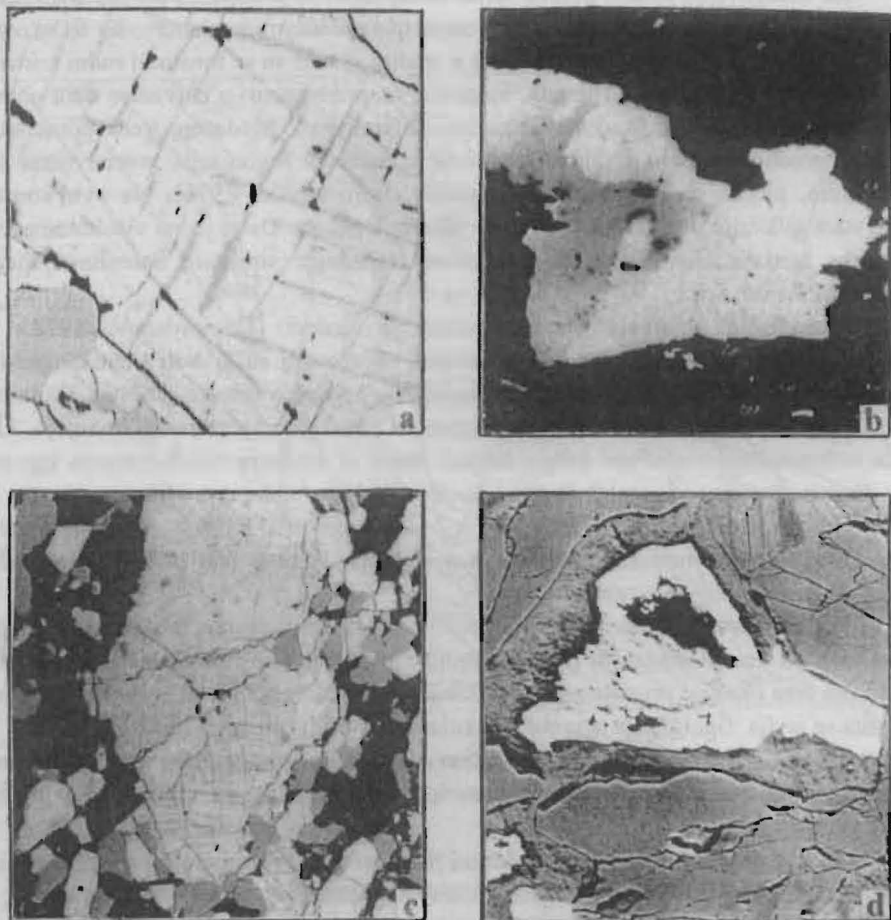
Tabela 2. Kvantitativne rentegenospektralne mikroanalize pirotina i halkopirita iz rudne zone Mitrašinci (%)

Elementat	1	2	3	4	5	6
Fe	61.98	61.02	58.16	58.44	33.35	31.04
Ti	-	-	-	-	-	-
Mn	0.10	-	0.13	-	-	-
Al	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-
Ni	0.14	0.15	0.11	0.08	0.12	0.07
Cu	0.30	-	0.29	0.21	30.16	33.05
As	-	-	0.32	-	-	
S	37.48	38.82	40.99	41.27	36.26	35.84
Σ	100.00	99.99	100.00	100.00	99.89	100.00

* Analize od 1-4 su pirotin, 5 i 6 su halkopirit.

Halkopirit je veoma čist i njegove vrednosti se približavaju teoretskim. U sasvim malim količinama kao primese sadrži Ni.

limonit je najčešći sekundarni mineral, koji descendentno zapunjava pojedine prsline u steni ili se javlja u vidu pseudomorfoze po piritu (Sl. 3d).



Sl. 3. Mikromorfološki oblici i način pojavljivanja glavnih rudnih minerala sa rudne zone Mitrašinci

1. *Krupnozrnast magnetit (belo) sa lamelnim izdvajanjem ilmenita (svetlo-sivo) i alotriomorfno zrnast ilmenit (tamno-sivo), Uv. 100 x.*
2. *Alotriomorfno zrnast ilmenit (sivo) na kontaktu sa magnetitom (belo) i limonitom (sivo - belo), Uv. 100 x.*
3. *Magnetit (sivo-belo) sa lamelnim izdvajanjem ilmenita (svetlo - sivo), alotriomorfno zrno ilmenita (sivo) i kapkovidna izdvajanja piritina (belo), Uv. 100 x.*
4. *Limonit (sivo) u paragenezi sa piritom (sivo - belo) i halkopiritom (belo), Uv. 100 x.*

Genetske karakteristike

Obrazovanje Fe-Ti rudnih pojava u okviru rudne zone Kobilski Rid-Gromadna-Leskov Čukar-Dolga Poljana-Bliznakov Čukar-Kasaplja je vršeno u složenim uslovima i procesima tokom evolucije od izvornih sredina, kontrolisani prisustvom bazičnog magmatskog kompleksa prekambrijske starosti, koji je pretrpeo višefazni regionalni metamorfizam.

Na obrazovanje rudnih pojava veliki uticaj imali su promenljivost fizičko - hemijskih uslova, koji kontrolišu izdvajanje i koncentraciju rudnih minerala (P, T, $f(O_2)$, karakter hladenja magme i dr.), kao i količine katjona u sredini iz koje su se formirali rudni minerali.

Glavni rudni minerali (ilmenit, magnetit, titanomagnetit) u najvećem delu obrazovani su u intramagmatskoj gazi, kao kristalizacioni diferencijati. Međutim, treba pomenuti da je ovoj fazi predhodila slaba likvidno-magmatska sulfidna segregacija predstavljena piritom, pentlanditom, pirotinom i halkopiritom (Ivanov, Jašmakovski, 1976). Na ovu konstataciju navode stare inkluzije u kristalima železno - titanovih oksida. Da je jedna visokotemperaturna magmatska kristalizaciona diferencijacija služe raspadnute strukture ilmenita u magnetitu, hematita u ulmenitu i dr.

Mehanizam stvaranja titanomagnetita je sledeći (Dumurdanov, 1978): Još u magmatskom ogništu na visokim temperaturama obrazovani su kristali titanomagnetita, kao fenokristaliju kojima titan zbog termičke ekspanzije kristalne rešetke smešten je unutar kao homogen čvrst rastvor. Pri intrudiranju magme ka površinitempertura se smanjuje, kristalna rešetka se kontrahuje i relativno krupni katjoni titana se istiskuju i koncentriraju kao posebna faza - ilmenit, duž pravca paralelnih oktaedarske i heksaedarske ravni titanomagnetita koji su ranija bili obrazovani.

Prisustvo ilmenita kao posebna faza ukazuje da titan nije bilo moguće uklopiti u čvrstom titanomagnetitskom rastvoru.

Pored intramagmatske faze ovde postoji i dokazi za prisustvo submarinsko eshalacione faze za koje su vezani magnetiti bez kontaminacija titana. Kao fakt da postoji submarinsko-eshalaciona faza ukazuje prisustvo mineralizacije u različitim škrlcima para porekla gde pored magnetita se javlja finoigličast hematit (spekularit) i sulfidi (pirit).

Da je geneza ovih pojava kompleksna ukazuje i prisustvo intenzivnih metasomatskih potiskivanja bazične i sedimentne stene sa naknadnom feldspatizacijom koju pripisujemo hercinskim granitoidima.

Na ove procese je naložen višekratni progresiven i regresivan metamorfizam koj nije imao veliki utucaj na mineralnu paragenezi titanomagnetita.

Istočno od rudne zone Mitrašinci konstatovano je nekoliko pojava magnetita, hematita, titanomagnetita i ilmenita u okviru gnajseva i gabroamfibolita. Reč je o rudnim pojavama kod lokalnosti Šipkov Rid i Curev Rid.

Rudna pojava Šipkov Rid

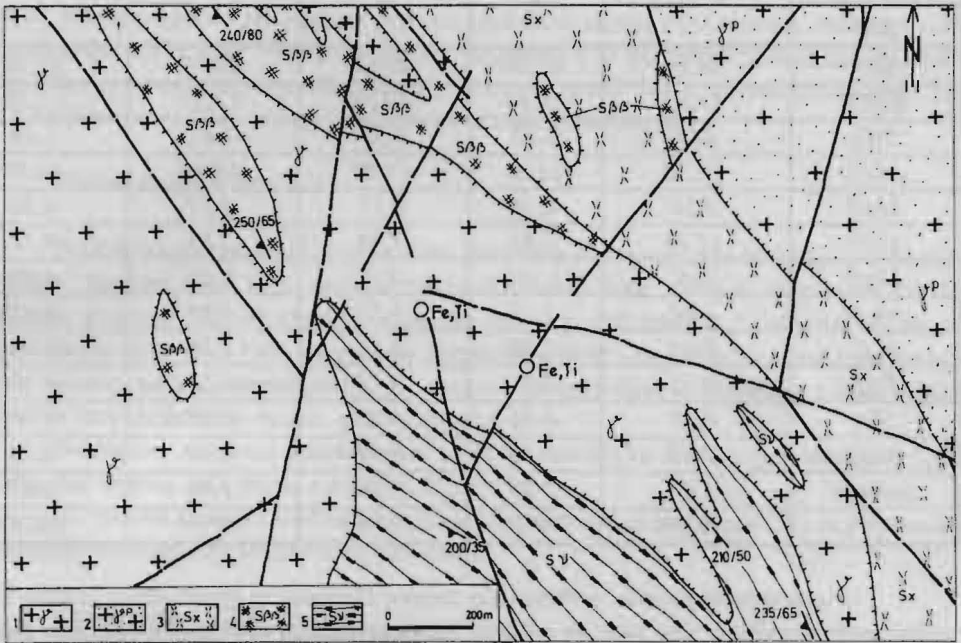
Istočno od rudne zona Mitrašinci na lokalnosti Šipkov Rid konstaovana ja Fe-Ti mineralizacija u vidu žica i sitnih prožiljaka vezana za metamorfisanih krupnozrnih granita. Pored ove mineralizacije utvrđena je mineralizacija impregnacionog tipa u okviru gabroamfibolita.

Geološke karakteristike

U geološkoj gradi šire okolini lokalnosti Šipkov Rid učestvuju: *gabroamfiboliti, metadijabazi, metamorfisani rioliti, granit porfiri, krupnozrnasti graniti i dr. (Sl. 4)*.

Gabroafiniboliti su utvrđeni u južnim delovima pomenute lokalnosti i se javljaju u vidu krupnih masa koji na površini su uskriljeni, srednje do krupno zrnaste sa tamnozelenom

bojom. Stene u osnovi su izgrađeni od hornblende, hloritra, kalcita, piroksena, plagioklasa i talka. Ove stene verovatno su bili gabrovi a kasnije metamorfisani.



Sl. 4. Geološka karta rudne pojave Šipkov Rid i njene bliže okoline
1. Granit porfi; 2. Krupnozrnast biotitski granit; 3. Metamorfisani rioliti;
4. Metadijabazi; 5. Metagabro.

Metadijabazi - su češće javljaju i njihov odnos sa okolnim stetnama ja postupan a na pojedinim mesta grade slojevite partije u vidu silova u okviru škriljaca. Kao glavni minerali se javljaju plagioklas i izmenjen piroksen, a od sekundarnih minerala pruisutni su epidot, hlorit, limonit, titanit i dr.

Hemijski sastav bazičnih stena iz ove rudne pojave dat je na tabeli 4 iz koje se vidi da sadržaji gvožđa i titana su niski, veoma bliske srednjem sadržaju tih elemeneta u Zemjinoj kori.

Metamorfisani rioliti - su holokristalaste stene, veoma čvrste, svetlosive boje, škriljave teksture sa limonitskom skramom na površini. Kao fenokristali se javljaju kvarc, ortoklas, plagioklas i sasvim retko mikroklin. Primarni minerali su retki i u najvećem broju slučajeva su zamenjeni hloritom, magnetitom i limonitom. Osnovna masa ovih stena je sitnozrnasta do mikrokristalasta i u najvećem delu izgrađena od kvarca i rede od kvarc-sericit-glinovite materije.

Tabela 3. Hemijski sastav stena iz rudne pojave Šipkov Rid

Komponente (%)	1	2	3	4	5
SiO ₂	54.80	47.56	47.14	48.97	50.14
Fe ₂ O ₃	11.65	10.68	10.38	11.25	12.75
TiO ₂	1.06	1.45	1.33	1.67	1.84
Al ₂ O ₃	10.54	14.36	13.99	15.19	13.57
MnO	0.14	0.16	0.17	0.17	0.20
CaO	11.13	7.82	7.84	7.83	8.71
MgO	3.82	11.10	12.00	8.17	6.59
Na ₂ O	1.81	2.30	1.12	2.94	2.92
K ₂ O	0.19	1.50	2.19	1.23	0.76
P ₂ O ₅	0.11	0.17	0.15	0.22	0.23
SO ₃	0.48	0.05	0.05	0.05	0.09
vlaga	0.07	0.50	0.96	0.18	0.23
gubitak	3.93	2.25	3.16	1.96	2.01
Σ	98.90	99.90	100.46	99.69	100.03

Grupnozrtnasti graniti - predstavljaju osnovu Delčevskog granitoidnog masiva i imaju veliko rasprostranjenje. Ove stene se odlikuju krupnozrnatom strukturom, ružičasto žutom ili ružičasto zelenom bojom, a na površini su grusirane i izmenjene. Mineralni sastav čine kvarc, kalijski feldspat, plagioklas i biotit, a podređeni značaj imaju hlorit, sericit, magnetit, apatit i sfen.

Granit porfiri - se javljaju u okviru krupnozrnatih biotitskih granita i u okviru ružičastih granita. To su veoma čvrste srednje zrnaste stene sa svetlo žutom bojom bez ili sa prisustvom bojenih sastojaka. Izgrađeni su od kvarca, plagioklasa i rede biotita i muskovita. Struktura ovih stena je granofirska ili mikrografitična uslovljena jednovremene kristalizacije kvarca i feldspata.

Mineralni sastav i paragenetski odnosi

Mineralni sastav, strukturno-teksturne karakteristike i paragenetski odnosi i tip orudnjenja u pojavi Šipkov Rid ranije nisu proučavani. Na bazi naših ispitivanja u okviru rudne pojave Šipkov Rid izdvojene su sledeće mineralne parageneze:

Sulfidna parageneza,

Oksidna parageneza.

Sulfidna parageneza predstavljena je sa piritom, pirotinom, halkopiritom i bornitom. Pomenuti minerali ukazuju na paragenezu tipična za gabrove koji kasnije su metamorfisani.

Od pomenutih minerala najčešće se javlja halkopirit, zatim dolazi pirit, pirotin i na kraju je bornit.

Oksidna parageneza je vezana za gabroamfibolite i za granite.

Mineralizacija u gabroamfibolitima predstavljena je magnetitom, titanomagnetitom i ilmenitom i rede limonitom. Ova mineralizacija se javlja u vidu impregnacije u okviru

gabroamfobolita. Hemiskom analizom dobijeni su sledeći rezultati: Fe od 10.38-11.65%, TiO_2 od 1.08-1.84%.

Mineralizacija vezana za granitoida predstavljena je sa megnetitom sa inkluzijama ilmenita. Pored magnetita javljaju se i hematit, spektularit, martit, pirit, limonit, rutil i getit. Ova mineralizacija odlikuje se većom količinom magnetita i je verojtjno metasomatski produkt akcije hidrotermalnih rastvora. Mineralizacija u okviru granitoida je interesanta ne samo zbog velike količine magnetita, i zbog strukturno-teksturne karaktéristike

Rudna pojava Curev Rid

Pojava magnetita kod Curevog Rida otkrivena je raskopima i se javlja u vidu jedne orudnjene kvarcne žile koja probija epidot-hlorit-sericitske škriljce u pravcu SSI-JJZ. Orudnjena kvarcna žila utvrđena je dužinom od oko 150 metara i debljine od 40 cm. Mineralizacija se javlja u vidu kompaktne megnetitske rude i kao kvarcna masa injektirana sa rudom. Glavni nosioc mineralizacije je magnetit sa inkluzijama ulmenita, a kao minerali pratoci se javljaju hematit, martit, pirit i limonit.

Hemiskom analizom konstatovano je da se sadržaji Fe kreću u granicama od 32.76-56.16%, dok sadržaj TiO_2 iznosi od 0.23-0.27%.

Na osnovu načina i sredine pojavljivanja, ova mineralizacija genetski je povezana za pegmatitske faze intruzije Delčevskog granitoida.

Rudna pojava Kalin Kamen

Ova rudna pojava se nalazi u severoistočnim delovima Makedonije u okolini Krive Palanke. Mineralizacija je predstavljena megnetitom koji se javlja u vidu krupnijih zrna veličine od oko 2-3 sm. Rudna mineralizacija je impregnacionog tipa, raspoređena duž folijacije u okviru albit-kvarc-muskovitskih škriljaca. Pored magnetita utvrđeno je prisustvo ilmenita u vidu inkluzija u magnetitu. Od rudnih minerala se javljaju i hematit, martit i limonit. Hemiskom analizom dobijeni su sadržaji Fe od oko 15% i TiO_2 od 1.54-3.70%.

Rudna pojava Trsino i Pekljeni

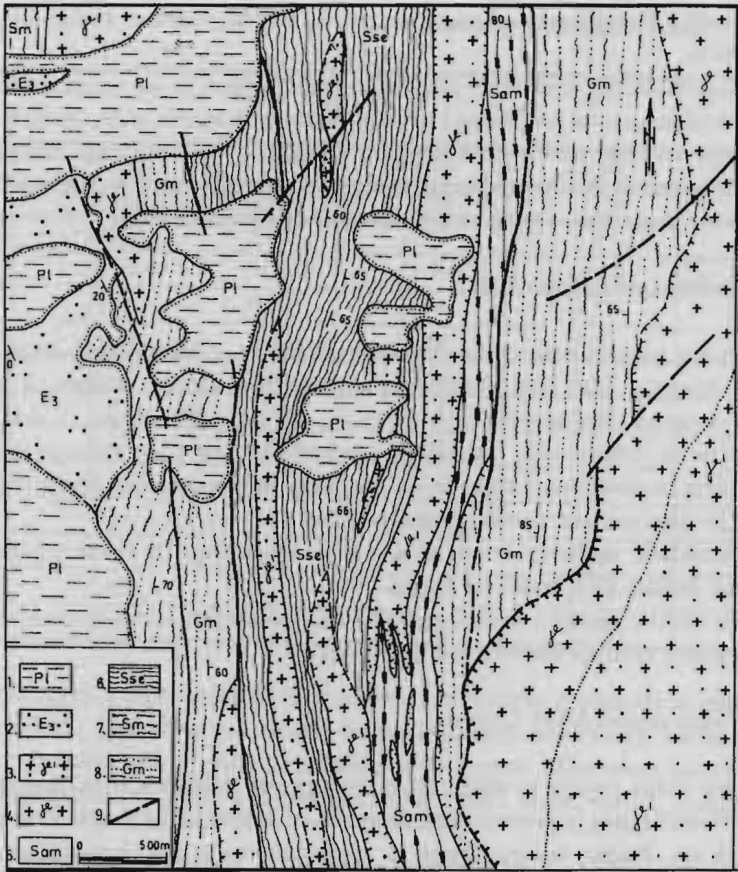
U okolini sela Trsino i Pekljeni otkrivena je Fe - Ti mineralizacija u vidu malih prožiljka duž sitnih pukotina u kvarcinitima.

Mineralizovana zona na površini je otkrivena oko 0.5 km, širinom od 150 metara i dužinom od 3.200 metara. Sadržaj Fe kreće se od 6.30 - 35.17% u mineralizovanom sloju.

U geološkoj građi ove rudne pojave učestvuju : gnajsevi, kvarc-hlorit-sericitski škriljci, feldspatizirani hlorit-muskovitski škriljci, granitoidne stene (Sl. 5).

Gnajsevi izgrađuju najveći deo istraživanog područja, i u osnovi možemo smatrati da predstavljaju osnovne stene viskokometamornog kompleksa na datom području. Po svom izgledu su srednje do sitnozrnaste, tamnosivo do svetlo sivo obojeni i izgrađeni od kvarc, plagioklas, biotit, muskovit i rede epidot i granat.

Kvarc-hlorit-sericitski škriljci izgrađuju centralne delove ispitivanog područja, sivozelene boje sa lepidoblastičnom strukturom. Lokalno u ovim stenama se javljaju nagomilanja kvarca. Kako bitni sastojci se javljaju serticit, kvarc, hlorit, epidot, coisit i limonit.



Sl. 5. Geološka karta rudne pojave Trsino - Pekljani

1. Pliocenski sedimenti, 2. Eocenski sedimenti, 3. Uškrljeni graniti, 4. Krupno do srednoznarnsti graniti, 5. Kvarc-hlorit-sericitski škriljci, 6. Hlorit-muskovitski škriljci, 7. Mikačisti, 8. Gnajsevi, 9. Rasedne strukture.

Hlorit-muskovitski škriljci su stene svetlosive boje i podsećaju na gnajseve. Izgrađene su od kvarca, feldspata, muskovita, rede epidota, coisita, biotita i sfena.

Granitoidne stene predstavljene su sa srednjim do krupnozrnastim granitima u uškrljenim granitima. Ove stene se odlikuju svetložutom bojom i u osnovi su izgrađene od kvarca, plagioklasa i feldspata.

Hemijski sastav granitoidnih stena dat je na tabeli 4.

Tabela 4. Hemijski sastav granitoidnih stena iz rudne pojave Trsino - Pekljani

Komponente	1	2	3	4	5
SiO_2	70.05	66.73	77.00	70.26	67.74
Fe_2O_3	6.82	3.72	5.41	3.37	3.63
TiO_2	0.46	0.33	0.26	0.54	0.57
Al_2O_3	16.80	18.70	13.45	16.26	17.90
MnO	0.03	0.20	0.02	0.04	0.12
CaO	0.31	0.37	0.19	0.37	1.30
MgO	0.51	3.94	0.63	3.04	1.29
Na_2O	4.47	3.44	2.52	3.14	2.16
K_2O	0.27	0.54	0.06	1.41	2.65
P_2O_5	0.03	0.02	0.02	0.25	0.07
SO_3	-	-	-	-	-
<i>vlaga</i>	-	-	-	-	-
<i>gubitak</i>	0.30	1.21	0.29	1.22	1.58
Σ	100.05	99.20	99.82	99.90	99.01

U mineralni sastav ulaze magnetit, hematit, martit, ilmenit, magnezio-alumo-hrom magnetit, spekularit, hizlevudit i rutil. Najzastupljen mineral je magnetit sa inkluzijama ilmenita. U magnetitu nalazimo i inkluzije hizlevudita. Na tabeli 5 dat je hemijski sastav hizlevudita i magnezium-alumohrom-magnetita. Mineralizacija je vezana za kvarc-hlorit-sericitske škriljace i kvarcite.

Tabela 5. Rentgenospektralna mikroanaliza minerala iz rudne pojave Trsino - Pekljani (%)

Komp.	FeO	MgO	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Fe	Cu	Ni	S
1	30.1 0	1.31	3.64	2.64	63.42	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	54.13	0.12	2.64	42.61

Napomena: 1 je magnezio-alumo-hrom-magnetit, 2. hizlevudit

Jedan specifičan tip titanomagnetitske mineralizacije je konstatiran u jednoj uskoj, ali izduženoj mineralizovanoj zoni zapadno od rudne zone Mitrašinci na potezu Borovec - Laki - Karaduzlija

Rudna pojava Borovec

Ova rudna pojava nalazi se zapadno od zone Mitrašinci u jednoj uskoj zoni na potezu Borovec - Laki - Karaduzlija. Rudna mineralizacija se javlja u vidu tankih žilica debljinom od

oko 2-3 cm. i prožiljaka lokalizovani duž pukotinskih sistema u prekambrijskim gnajsevima. Mineralnu asocijaciju čine magnetit, hematit, titanomagnetit, martit, limonit i dr.

Rudna pojava Laki

U izvorišnom delu reke Laki utvrđena je jedna pojava titanomagnetita vezana za kvarcnu žicu koja se nalazi u okviru dvoliskinskih trakastih gnajseva. Kvarcna žica je ispresecana sa žilicama titanomagnetita sa debljinom od 2-3 cm. Dimenzije kvarcne žice su 2 x 10 metara. Pored titanomagnetita se javljaju još i magnetit, hematit, martit, speksularit i limonit. Sadržaj metala u rudi je nizak: 10 % Fe i 1-2 % TiO₂.

Rudna pojava Karaduzlija

U produžetku rudne pojave Laki nalazi se i rudna pojava Karaduzlija. Mineralizacija kod ove pojave javlja se u vidu tankih žilica i prožiljaka koji su lokalizovani duž pukotinskih sistema u gnajsevima. Mineralnu asocijaciju čine magnetit, martit, titanomagnetit, hematit, ilmenit, pirit i limonit.

Z a k l j u č a k

Na osnovu izvršenih ispitivanja, koji se u osnovi oslanjaju na metalogenetsku analizu, utvrđeno je sledeće:

1. Mineralizacija titana u Srpsko - makedonskom masivu se javlja u kristalizacionim diferencijacijama, metamorfnim bazičnim stena amfibolitima i amfibolitskih škriljaca u obliku titanomagnetita, magnetita i ilmenita (Rudna zona Mitrašinci),

2. U neposrednoj okolini rudne zone Mitrašinci se javlja poseban tip titanomagnetitskog orudnjenja povezanog sa kvarcitima, a podlogu terena čine prekambrijski gnajsevi koji ulaze u sastavu donjeg metamorfnog kompleksa SMM (pojava Trsino - Pekljani),

3. Istočno od rudne zone Mitrašinci konstatovana je mineralizacija u vidu sitnih žica i prožiljaka u okviru gnajseva (pojave Šipkov Rid i Curev Rid),

4. Slične pojave titanomagnetita i magnetita utvrđene su na potegu Borovec - Laki - Karaduzlija,

5. U severoistočnim delovima Makedonije u okolini Krive Palanke utvrđeno je prisustvo magnetita sa inkluzijama ilmenita u okviru albit-hlorit-sericitskih škriljaca (pojava Kalin Kamen).

L i t e r a t u r a

- Dimitrijević, M. D., 1959: Osnovne karakteristike stuba Srpsko-Makedonske mase. I Simpozium Srp. Geološ. druš. Beograd.
- Dumurdanov, N. i dr., 1978: Bazičen magmatizam i mineralizacija vo Srpsko-makedonskiot masiv vo okolinata na s. Mitrašinci vo SR Makedonija. Zbornik radova IX Kongres geologa Jugoslavije, str. 477-482, Sarajevo.
- Dumurdanov, N., 1978: Završen izveštaj za geološkoto kartiranje na titano-železnite pojavi vo regionot na Mitrašinci - Berovsko vo 1977 god. Str. fond na Geološki zavod vo Skopje.
- Kalenić, M., 1987: Kristalesti škriljci Srpsko-Makedonske mase. I tematska geološka karta, RO Geološki zavod, 97 str. Beograd.
- Simić, M., Simić, V., 1957: Mineralne facije u metamorfnoj seriji zelenih škriljaca na planini Plačkovici, SR Makedonija. Trudovi na Geološki zavod na SRM, sv. 10.
- Serafimovski, T., Spasovski, O., 1994: Sastav nekih rudnih minerala titanomagnetitskih ordnjavanja kod s. Mitrašinci. XXVI oktobarsko savetovanje rudara i metalurga, str. 31-34, Donji Milanovac.
- Spasovski, O., 1994: Occurrences of Fe-Ti mineralization in the vicinity of the village of Mitrasinci. *Geologica Macedonica*, pp 45-51, Štip.
- Spasovski, O., Serafimovski, T., 1997: Genetic-paregenetic features of Fe-Ti mineralization in the vicinity of Mitrašinci (Republic of Macedonia), Proceeding - Magmatism, metamorphism and metalogeny of the Vardar zone and Serbo-macedonian massif, pp 93-99 Štip-Dojran.
- Stojanović, M., 1966: Elaborat za izvršene raboti na železo vo istočna Makedonija vo 1964-66 god. Geološki zavod, Skopje.

TITANOMAGNETITE DEPOSITS AND OCCURRENCES IN THE TERRITORY OF
REPUBLIC OF MACEDONIA (THE SERBO-MACEDONIAN MASSIF)

Spasovski Orece and Serafimovski Todor,
Faculty of Mining and Geology, Štip

Latest structural and metallogenetic explorations carried in the eastern parts of the Republic of Macedonia established a large number of locally built titanomagnetite occurrences occurring in different structural-lithological environments as well as specific mineralization styles, most commonly in association with iron. The most striking is the Mitrasinci ore zone, in which, several titanomagnetite deposits and occurrences of many similarities and differences in the structural-lithological and geochemical composition are determined. It is worth mentioning that in addition to these occurrences, latest explorations and metallogenetic analyses determined that besides the usual manner of occurrence (the so called Mitrasinci style occurring in amphibolites and amphibolite schists), titanomagnetites can also be found in mineralization in metamorphosed quartzites. It is a completely new mineralization style encountered as small stringers along small fractures in quartzites. The mineralization zone with quartzites can be traced for over two kilometers on the Trsino - Peklene strike. The basement is composed of Precambrian gneisses belonging to the lower metamorphic complex of SMM.

Titanomagnetite is the essential ore mineral accompanied by magnetite, ilmenite, hematite, chromium-magnesiumferrite etc.

Several small magnetite and hematite occurrences within gneisses in close proximity to a characteristic association of minerals such as titanomagnetite, ilmenite etc. accompanied by sulphides are established east of the Mitrasinci zone. Similar occurrences have been found south of the mineralised zone in the vicinity of Berovo (the Curev Rid site). The metal content in the ore is low amounting to 10% Fe, 1 - 2% TiO_2 , but explorations carried out are of low size.

Specific titanomagnetite mineralization is determined in a narrow but elongated mineralization zone west of the Mitrasinci ore zone on the Borovec - Laki - Karaghuzlija strike. The mineralization there is of thin veins and stringers located along fracture system in Precambrian gneisses. Mineral association consists of magnetite, hematite, titanomagnetite etc. Metal content in the ore is low (from 10.40 - 15.70% Fe, 1.44 - 2.55% TiO_2). The area is poorly investigated.

Titanomagnetite and accompanying minerals within chlorite-sericite schists are determined in the vicinity of Kriva Palanka in the northeastern parts of Republic of Macedonia. Mineralization is of disseminated type, distributed mainly along foliations in the schists.